

Artículo de investigación

Desarrollo de galletas empleando harina de sachu inchi (*plukenetia volubilis* L.) obtenida de la torta residual*

Development of cookies with sachu inchi (*plukenetia volubilis* L.) flour coming from residual cake

Diana Carolina Vásquez Osorio**, Julián David Jaramillo Ramírez**, Gustavo Adolfo Hincapié Llanos**, Lina María Vélez Acosta**

** Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. lina.velez@upb.edu.co. Circular 1 No. 70 - 01, Bloque 11, Medellín, Colombia.

Resumen

La torta de Sachu inchi (SI) obtenida de la extracción de aceite, contiene entre 35 y 60 % de proteína. El objetivo de esta investigación es el desarrollo de galletas de mantequilla con coco, empleando como ingrediente harina de SI obtenida a partir de la torta residual. Para ello se caracteriza fisicoquímicamente la torta, la harina y las galletas empleando metodologías AOAC y se determina el punto isoelectrico (pI) de la proteína de SI. Se desarrollan cuatro formulaciones de galleta; tres de ellas con sustitución porcentual de harina de trigo por harina de SI; 50 %, 75 % y 100 %, se evalúa por panel no entrenado la calidad sensorial de cada una de ellas. La torta contiene; 6.8 % humedad, 17.4 % grasa, 4.5 % fibra, 5.4 % cenizas, 50.2 % proteína y 15.9 % carbohidratos; el pI es 5.0. La harina contiene 5.7 % humedad, 4.2 % grasa, 4.1 % fibra, 6.0 % cenizas, 64.1 % proteína y 16.4 % carbohidratos. La galleta con mejor aceptación es la de 50 % de harina de SI, presenta 28.8 % grasa, 18.3 % proteína y 48.7 % carbohidratos frente al blanco muestral que presenta 26.9 % grasa, 8.9 % proteína y 61 % carbohidratos. La harina de SI es una alternativa en la industria alimentaria para incrementar el valor nutricional de las formulaciones en cuanto al porcentaje de proteína y contribuye a la cadena agroindustrial, gracias al aprovechamiento del subproducto resultante de la extracción de aceite.

Palabras clave: Evaluación sensorial, proteína, punto isoelectrico.

Recibido: 12/10/2017

Revisado: 05/11/2017

Aceptado: 10/12/2017

Correspondencia de autor:
lina.velez@upb.edu.co.

© 2017 Universidad La Gran Colombia. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acrediten.

Cómo citar:

Vásquez, D.C., Jaramillo, J.D., Hincapié, G.A., Vélez, L.M. (2017). Desarrollo de galletas empleando harina de sachu inchi (*plukenetia volubilis* L.) obtenida de la torta residual. *UGCiencia* 23, 101-113.



Abstract

Sacha inchi (SI) cake from oil extraction, contains between 35 and 60% protein. The aim of this research is development butter cookies with coconut using SI flour as an ingredient. For this; the cake, the flour and the cookies are characterized physically and chemically using AOAC methodologies, also is determined the isoelectric point (pI) of the SI protein. Four cookie formulations are made; three of them with percentage substitution of wheat flour for SI flour; 50%, 75 % and 100 %, the sensory quality of each of them is evaluated by the untrained panel. The cake contains; 6.8 % moisture, 17.4 % fat, 4.5 % fiber, 5.4 % ash, 50.2 % protein and 15.9 % carbohydrate; the pI is 5.0. The flour contains 5.7 % moisture, 4.2 % fat, 4.1 % fiber, 6.0 % ash, 64.1 % protein and 16.4 % carbohydrate. Cookies with the best acceptance is 50 % SI flour; have 28.8 % fat, 18.3 % protein and 48.7 % carbohydrates, compared to the white that have 26.9 % fat, 8.9 % protein and 61 % carbohydrates. SI flour is an alternative in the food industry to increase the nutritional value of the products in terms of protein, also contributes to the agroindustrial chain, thanks to use the byproduct from oil extraction.

Keywords: protein, isoelectric point, sensory analysis

Introducción

El Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) es una planta trepadora, perteneciente a la familia *Euphorbiaceae*, perenne, se encuentra distribuida desde América Central hasta Suramérica, incluyendo la amazonia boliviana y resaltando principalmente los cultivos en el Perú (Follegatti-Romero, Piantino, Grimaldib y Cabral, 2009; Arévalo, 1996). En Colombia se registran cultivos en los departamentos de Putumayo, Caquetá (Herrera Valencia, Hernández Londoño y Montealegre. Su fruto se conoce comúnmente como maní del monte, sachá maní o maní del inca; Ramírez, 2010) y Antioquia (Sánchez Sánchez, 2012).

Se considera una planta promisorio e industrializable gracias a su contenido de ácidos grasos esenciales insaturados como el omega 3, en forma de ácido alfa-linoleico con 47.7 % a 51.9 % y el omega 9 en forma de ácido oleico con 7.9 a 8.9 % en peso del aceite (Pantoja y Maldonado, 2012), además posee 27.4 % de proteína, 4 % de cenizas (Gutiérrez, Rosada, & Jiménez, 2011) y alrededor de 50 % de aceite (Guillén, Ruiz, Cabo, Chirinos y Pascual, 2003).

Debido a la composición de las grasas -perfil lipídico-, está siendo aprovechado en la industria oleaginosas, el proceso de extracción de aceite puede realizarse aplicando presión o por solventes, y resultando subproductos sólidos conocidos como tortas, que son utilizados para la elaboración de harinas las cuales pueden emplearse en la alimentación humana y animal (Betancourth, 2013; Gallardo, 2008; Vélez, 2013), en otros casos no es aprovechada y se considera un residuo (Mondragón y Tarrillo, 2009).

Una propiedad fisicoquímica de importancia para el aprovechamiento agroindustrial del subproducto es el punto isoeléctrico, ya que permite identificar el pH donde las proteínas presentes tienen carga cero, por tanto, son poco solubles y precipitan (Martínez Rodríguez, 2008), dato útil para la obtención de hidrolizados de proteína que se constituirían en productos de valor agregado.

Debido a que las temperaturas superiores a los 75 °C y el uso de solventes pueden alterar la calidad del aceite, uno de los métodos más empleados es el prensado en frío, a través del cual los productores realizan la extrusión utilizando una prensa tipo expeller, la cual cuenta con un tornillo sinfín que ejerce presión a la materia prima dentro de una

cámara o carcaza. Durante dicho proceso, las gotas de aceite se separan de la masa, y las que no quedaron libres por la trituration se transportan por las paredes de las células y se separan de la masa (Pantoja y Maldonado, 2012); este procedimiento genera una torta con aceite residual y con aproximadamente 60 % de proteína (Ruiz, Díaz, Anaya, & Rojas, 2013; Pascual, 2000), sin embargo, estas proporciones varían según el método de extracción y las condiciones agroclimáticas del cultivo.

Como se aprecia en la tabla 1; la torta de Sacha inchi presenta un alto contenido de proteína, comparable a la torta de soya, que según Garzón (2010) contiene un 45 % de proteína.

Tabla 1. Composición proximal de torta de Sacha inchi

Fisicoquímico		a	b	c	d	e	f
Humedad	%	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Cenizas	%	5.59 ± 0.01	9.39	3.49	9.25	8.65	4.80 ± 0.20
Grasa total	%	5.21 ± 0.02	7.46	40.2	9.86	6.9	7.80 ± 0.20
Proteína	%	55.18 ± 0.10	63.68	36.9	57.26	58.7	59.00 ± 0.70
Fibra	%	5.16 ± 0.02	5.16 ± 0.02	3.4	16.29	17.2	4.50 ± 0.60
Carbohidratos	%	28.54 ± 0.00	8.52	23.7	6.98	7.9	23.90 ± 1.70

Fuente: los autores

Dónde: a: (Hurtado, 2013), b: (Pascual, 2000), c: (Mondragón y Tarrillo, 2009); d: (Olivas, 2017), e: (Betancourth, 2013), f: (Ruiz, Díaz, Anaya y Rojas, 2013) Según la literatura consultada; los cultivos de Sacha inchi presentan rendimiento promedio de 2200 a 2500 kg/ha por cosecha, en el cual alrededor de 45-48 % es cáscara (Céspedes, 2008) la cual podría aprovecharse a nivel agroindustrial para el compostaje o la combustión, y entre el 52-55 % es almendra seca (Céspedes, 2008), la cual se emplea para la extracción del aceite cuyo rendimiento depende de las condiciones de cultivo, y principalmente del método empleado; oscilan por lo general entre el 21.2-30 % en aceite, por lo tanto, entre el 70 y 78.2 % es torta residual (Olivas, 2017; Pantoja y Maldonado, 2012). Teniendo en cuenta el rendimiento en cultivo y el rendimiento de la obtención de aceite, la generación de torta residual puede ascender hasta 1075.2 Kg/ha por cosecha.

Teniendo en cuenta las cifras mencionadas y la composición proximal de la torta residual, la obtención de harina a partir de este residuo sería una alternativa para su aprovechamiento en la industria alimentaria para el consumo humano, destacándose su valor proteico, el cual podría aprovecharse en diversas matrices alimentarias con harinas compuestas.

Este tipo de harinas reciben su nombre, ya que consiste en la mezcla de harina de trigo con otra que puede provenir de cereales, leguminosas y oleaginosas. Una alternativa para aprovechar la harina obtenida a partir de la torta residual de Sacha inchi es la elaboración de galletas, producto que según el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación –Icontec–(2007), son productos obtenidos a partir de una masa formada principalmente por derivados farináceos, por lo general harina de trigo con otros ingredientes aptos para el consumo humano, como; azúcar y grasas, también pueden contener saborizantes permitidos lo que permite su versatilidad a nivel sensorial, además presentan estabilidad en su almacenamiento y permiten la incorporación de alto contenido de nutrientes, por ello, la inclusión de una harina compuesta en este tipo de matrices permite obtener un producto con alto valor nutricional y que tendría buena estabilidad durante su almacenamiento.

Con el desarrollo de esta investigación se desarrolló una formulación de galleta de mantequilla con trozos de coco que tiene como ingrediente harina de Sacha inchi obtenida a partir de la torta residual del proceso de obtención de aceite en frío. Para ello se caracterizó fisicoquímicamente la torta de Sacha inchi y el punto isoeléctrico de la proteína allí presente, realizar el proceso para la obtención de harina y analizar su composición fisicoquímica. Finalmente identificar el porcentaje máximo de aceptación de la sustitución de harina de trigo por harina de Sacha inchi en la galleta, con 3 formulaciones planteadas.

Todas las pruebas de la investigación fueron realizadas en el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, en un periodo comprendido entre 2014 y 2017.

Materiales y métodos

La materia prima -torta residual de Sacha inchi-, fue suministrada por un productor antioqueño, el cual la obtuvo mediante prensado en un expeller.

Caracterización fisicoquímica de la torta de Sacha inchi

La torta de Sacha inchi fue caracterizada mediante un análisis próximo: humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra total y carbohidratos, empleando metodologías de la *Association of Official Analytical Chemists* – AOAC– que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis fisicoquímico

Análisis	Método
Humedad	AOAC 934.07/05 Adaptado
Ceniza	AOAC 942.05/05 Adaptado
Proteína	Método Kjeldahl
Grasa	AOAC 92039-/05 Adaptado
Fibra	AOAC 96.209/90 Adaptado
Carbohidratos	Cálculo por diferencia de componentes diferentes a carbohidratos

Fuente: los autores

Determinación del punto isoeléctrico

Se determinó el punto isoeléctrico para la proteína presente en el Sacha inchi en tres repeticiones empleando una modificación de la metodología descrita por Gonçalves (1997). La torta se sometió a un proceso de extracción de grasas y azúcares reductores, empleando una modificación del procedimiento descrito por Hincapié y colaboradores (2013); la muestra se puso en contacto con una solución de éter de petróleo: etanol (3:1) en una relación de 1 a 10 y se calentó a 30 °C, se agitó vigorosamente y se llevó a centrifugar a 2500 rpm durante 5 minutos. Se descartó el sobrenadante, se adicionó etanol al 90 % en una relación de 1 a 5, se sometió a calentamiento, se agitó y se sometió a centrifugación a 2500 rpm durante 3 minutos, se descartó el sobrenadante. El procedimiento descrito

se repitió 3 veces con el fin de mejorar la eficiencia de la extracción.

La torta desengrasada se puso en contacto con una solución de NaOH al 0.2 % en relación peso volumen de 1 a 10, se agitó vigorosamente, se centrifugó a 4000 rpm durante 20 minutos y se recuperó el sobrenadante.

Luego se tomaron 6 alícuotas para llevarlas a diferentes pH desde 6.5 hasta 4.0 a intervalos de 0.5 unidades de pH. Luego de ajustar estos valores de pH, las muestras se centrifugaron a 4000 rpm durante 20 minutos. Los sobrenadantes obtenidos después de la centrifugación se recuperaron para determinar el porcentaje de proteína de cada alícuota por medio del método de Biuret; donde las soluciones preparadas en cada tubo se dejaron en reposo por 30 minutos a temperatura ambiente para el desarrollo del color. Luego se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro a 540 nm de longitud de onda.

Obtención de harina de Sacha inchi

Para la obtención de harina de Sacha inchi se empleó una modificación de la metodología descrita por el grupo de investigaciones agroindustriales – Grain– la cual consta de cuatro –4– operaciones unitarias; acondicionamiento, molienda, tamizado y empacado, como se describe a continuación.

El acondicionamiento de la torta se realizó en el expeller, marca *Komet* a 110 °C, empleando la boquilla de salida con 8 mm de diámetro y la velocidad de prensado a 36.450 ± 0.495 rpm.

Los pellets obtenidos se redujeron de tamaño en un molino de cuchillas marca Indutorno, empleando una criba de 2.0 mm de apertura.

El producto prensado y molido se tamizó en una zaranda marca Suelos e Ing, con el fin de obtener un tamaño de partícula homogéneo, empleando la malla # 18 de la serie estándar ASTM, que equivale a diámetro de partícula inferior a 1 mm. El producto obtenido se empacó al vacío y se conservó en refrigeración para su posterior análisis.

Con el fin de determinar el rendimiento del proceso, se tuvo en cuenta el peso inicial y final para cada una de las operaciones unitarias involucradas, los datos se tomaron en tres repeticiones.

Caracterización fisicoquímica de la harina de Sacha inchi

El producto obtenido luego del acondicionamiento, molienda y tamizado, se denominó harina de Sacha inchi. Las muestras obtenidas de cada repetición se analizaron fisicoquímicamente por triplicado mediante las pruebas descritas en la tabla 2.

Elaboración de galletas

Para definir el blanco muestral se empleó una formulación casera de galleta de mantequilla con coco, una vez estandarizados los pesos se procedió a la elaboración del producto, cuyo proceso consta de las siguientes etapas; pesaje de materias primas, cremado, mezclado, amasado, moldeado y horneado por convección forzada a 180 °C por 20 minutos.

Una vez establecida la fórmula del blanco muestral, se tomó el porcentaje de harina de trigo como un 100 % de referencia, y se procedió a realizar sustituciones de este ingrediente por harina de Sacha inchi al 50 %, 75 % y 100 %. Se definieron cuatro tratamientos como se describe a continuación; G1: 0 % (blanco muestral 100% harina de trigo), G2: 50 %, G3: 75 % y G4: 100 % (100 % harina de Sacha inchi).

A cada tratamiento se le calculó, en tres repeticiones, la diferencia de peso por pérdida de humedad en el horneado, para estimar el rendimiento de dicho proceso.

Evaluación sensorial

La prueba sensorial hedónica se realizó en 2 repeticiones, con un panel no entrenado compuesto por 90 personas. Cada evaluador analizó los cuatro tratamientos y diligenció una encuesta de aceptación con una escala hedónica de 5 puntos; me encantó=5, me gustó=4, indiferente=3, no me gustó=2, odié=1

(Carpenter, Lyon y Hasdell, 2002; Icontec, 1996; Icontec, 2004), cada panelista calificó los siguientes atributos sensoriales; color, olor, sabor y textura para cada galleta. Los resultados obtenidos se tabularon para calcular el promedio de cada atributo sensorial en cada una de las formulaciones.

Análisis estadístico evaluación sensorial

A los datos obtenidos en la prueba sensorial se les efectuó un análisis de varianza –Anova– con un nivel de confianza del 95 %, usando el programa *Statgraphics Centurion XV*. Las comparaciones múltiples se realizaron mediante la prueba de Tukey.

Caracterización fisicoquímica de galletas seleccionadas

Con el fin de evaluar la calidad nutricional de los productos obtenidos, se seleccionó el tratamiento con sustitución que presentó mayor aceptación en el panel sensorial y el blanco muestral y se les realizó un análisis fisicoquímico empleando las metodologías descritas en la tabla 2; calorías, carbohidratos, cenizas, grasa, humedad y proteína. El contenido de proteína fue evaluado en tres repeticiones por ser el macronutriente de interés.

Resultados

Caracterización fisicoquímica de la torta de Sacha inchi

La caracterización fisicoquímica de la materia prima se presenta en la tabla 3. Se evidencia que el macronutriente predominante en este residuo agroindustrial es la proteína con un valor de 50.185 %, seguido por el contenido de grasa y carbohidratos. El contenido de humedad es relativamente bajo con un contenido de 6.750 %

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica Torta de sachá inchi

Análisis	Base húmeda
Humedad	6.750 ± 0.636
Ceniza	5.350 ± 0.354
Proteína	50.185 ± 1.930
Grasa	17.388 ± 0.139
Fibra	4.465 ± 0.191
Carbohidratos	15.862 ± 2.574

Fuente: los autores

Determinación del punto isoeléctrico

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos para la prueba de punto isoeléctrico de la proteína presente en el Sachá inchi; se observa que el menor contenido de proteína en el sobrenadante se presenta a pH 5.

Tabla 4. Contenido de proteína en el sobrenadante para cada pH

pH	Absorbancia	Cantidad (mg/ml)
6.5	0.28	148.823
6	0.246	128.823
5.5	0.19	95.882
5	0.14	66.470
4.5	0.141	67.058
4	0.143	66.917

Fuente: los autores

Obtención de harina de Sachá inchi

Se obtuvo harina de color beige, olor y sabor característico al sachá inchi, se seleccionó el producto que pasó por la malla # 18 con un tamaño de partícula inferior a 1 mm. En la tabla 5 se presentan los rendimientos con base en los promedios obtenidos en cada una de las repeticiones, para cada una de las

operaciones unitarias, del proceso de obtención de harina de Sachá inchi.

Tabla 5. Rendimiento obtención de harina

Proceso	%
Prensado en caliente	73.91 ± 0.03
Molienda	92.76 ± 0.01
Tamizado	74.59 ± 0.01
Global	51.14 ± 0.03

Fuente: los autores

Una vez tamizado el producto, se empacó al vacío y se conservó a temperatura de refrigeración (4 ± 2 °C) para su posterior análisis fisicoquímico.

Caracterización fisicoquímica de la harina de Sachá inchi

En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos para el análisis fisicoquímico realizado a la harina de Sachá inchi.

Tabla 6. Análisis fisicoquímico harina

Análisis	Base húmeda
Humedad	5.717 ± 0.302
Ceniza	5.993 ± 0.415
Proteína	64.136 ± 1.775
Grasa	4.197 ± 0.264
Fibra	4.145 ± 0.502
Carbohidratos	16.435 ± 1.110

Fuente: los autores

Elaboración de galletas

La tabla 7 reporta el rendimiento para los cuatro tratamientos durante el proceso de horneado. Aunque no se realizó un tratamiento estadístico a los datos obtenidos, se aprecia que no hubo una tendencia definida en el comportamiento conforme se incrementó el porcentaje de sustitución en los tratamientos.

Tabla 7. Rendimiento horneado galletas

G1:0 % (blanco muestral 100% harina de trigo), G2: 50 %, G3:75 % y G4: 100 % (100 % harina de sachá inchi).

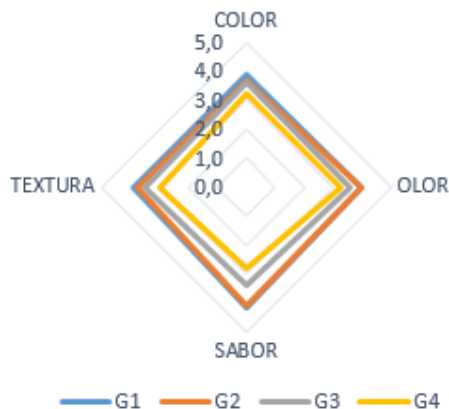
Tratamiento	Promedio
G1	79.91 ± 0.99
G2	84.82 ± 1.78
G3	80.24 ± 4.18
G4	82.07 ± 7.81

Fuente: los autores

Evaluación sensorial

Luego de tabular los resultados obtenidos en el panel sensorial para los cuatro atributos; color, olor, sabor y textura, para a los cuatro tratamientos, se construyó el gráfico presentado en la Figura 1.

Figura 1. Valoración global medias de las calificaciones sensoriales



G1:0 % (blanco muestral 100% harina de trigo), G2: 50 %, G3:75 % y G4: 100 % (100 % harina de sachá inchi).

Análisis estadístico evaluación sensorial

En la tabla 8 se presentan los resultados promedio y la desviación entre repeticiones, obtenidos en el panel sensorial para los tratamientos G1, G2, G3 y G4.

Tabla 8. Análisis estadístico panel sensorial

Tratamiento	Color			
G1	3.88 ± 0.69 ^a	3.95 ± 0.78 ^a	4.16 ± 0.81 ^a	3.84 ± 0.85 ^a
G2	3.66 ± 0.76 ^b	3.95 ± 0.79 ^a	4.09 ± 0.67 ^a	3.73 ± 0.93 ^a
G3	3.64 ± 0.83 ^b	3.59 ± 0.84 ^b	3.41 ± 1.07 ^b	3.45 ± 0.94 ^b
G4	3.20 ± 0.85 ^c	3.26 ± 0.83 ^c	2.81 ± 1.08 ^c	2.95 ± 1.14 ^c

Fuente: los autores

G1:0 % (blanco muestral 100% harina de trigo), G2: 50 %, G3:75 % y G4: 100 % (100 % harina de sachá inchi).

Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos aplicando la prueba de Tukey ($p \geq 0,05$). Fuente:

Caracterización fisicoquímica de galletas seleccionadas

En la tabla 9 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico, el cual se expresa en 100 g de producto de los dos tratamientos seleccionados.

Tabla 9. Análisis fisicoquímico de los tratamientos G1 y G2

Análisis	Unidad	G1	G2
Calorías	K cal/100g	521.56	527.43
Carbohidratos	%	61.03	48.74
Cenizas	%	1.07	2.19
Grasa total	%	26.88	28.83
Humedad	%	2.13	1.99
Proteínas	%	8.89	18.25

Fuente: los autores

G1:0 % (blanco muestral, 100 % harina de trigo), G2: 50 %.

Se evidencia que G2 presentó más del doble del contenido de proteína y cenizas que G1, adicionalmente G2 es 2 % superior en su contenido de grasa total. El contenido de carbohidratos fue inferior en G2. El contenido calórico de G2 es superior al de G1 en un 1 % y puede atribuirse al incremento en el contenido de proteína y grasa.

Discusión de resultados

Es importante evidenciar que la mayoría de los estudios consultados obtuvieron tortas con un contenido proteico por encima del 40 %, datos que se presentaron en la tabla 1, este aspecto perfila a este subproducto agroindustrial como un producto proteico vegetal, que según el *Codex Alimentarius* (2007) es aquel obtenido de materias vegetales mediante la reducción o eliminación de algunos de los principales constituyentes no proteínicos, de manera que su contenido proteico es superior al 40 %; además, con un contenido de cenizas máximo del 10 % y fibra cruda, máximo del 10 % en base seca. La torta empleada como materia prima en esta investigación, se ajusta a estos parámetros, ya que teniendo en cuenta los datos presentados en la tabla 3 y al calcular la base seca -BS-, se tiene; 51.3 % BS de proteína, 6.4 % BS de cenizas y 5.5 % BS de fibra.

En cuanto al punto isoeléctrico, en la tabla 4, se observa que a pH 5 es el valor donde se presenta el menor contenido de proteína en el sobrenadante, con un valor de 6.6470 mg/mL. Se determina que el punto isoeléctrico de la proteína de Sacha inchi es 5.0, ya que en ese valor la proteína se desnaturaliza y precipita, quedando muy poca solubilizada en el sobrenadante, siendo esta la que se determina en este análisis. Se anota que se obtuvo el mismo pI del estudio realizado por Gonçalves & et al. (1997) para la semilla de colza, en el cual utilizaron la misma metodología que en esta investigación. Por otro lado, un estudio realizado por Ferreyra y colaboradores (2007) sobre la harina de maní,

también rica en proteína, registró un pI de 4.0. Hay que tener en cuenta que los pI varían de una proteína a otra, por los aminoácidos que la contienen y la forma como están distribuidos en su estructura.

Al analizar la composición fisicoquímica de la harina de sachá inchi obtenida a partir de la torta residual, presentada en la Tabla 6 y calcular la base seca -BS- se tiene, 68.2 % BS de proteína, 6.4 % BS de cenizas y 4.3 % BS de fibra, por lo tanto la harina de sachá inchi obtenida en esta investigación puede denominarse como un producto proteico vegetal. Al evaluar los resultados bajo los lineamientos de la Resolución 333 de 2011 referentes al rotulado nutricional (Ministerio de la Protección Social, 2011), es buena fuente de proteína.

El contenido proteico de la harina de Sacha inchi obtenida en esta investigación 68.2 % BS, es mayor al reportado en la investigación de Jagersberger (2013) quien reporta 56.63 % BS y en cuanto al grasa, en la presente investigación presentó 11.7 % BS frente a 8.61 % BS reportado por el mismo autor. Al comparar los resultados de otras harinas, se comprueba que la harina de Sacha inchi obtenida a partir de la torta es rica en proteína; supera el contenido de la harina de papa -7.40 %- (Cerón, Bucheli, & Mora, 2014), de algarroba -7.50 %- reportado por Macías, Binaghi, Zuleta, Ferrer, Costa y Generosa (2013) y de trigo -10.80 %- (Cerón, Bucheli y Mora, 2014).

Al comparar los datos presentados en la tabla 3 y la tabla 6, se aprecia que el proceso de prensado en expeller contribuye a reducir el contenido de grasa en el producto final en alrededor de un 75.9 % respecto a la materia prima -torta-, en tanto el contenido de proteína se incrementa alrededor de un 27.8 % en la harina respecto a la torta. Esto se explica por el cambio de las concentraciones de las macromoléculas en el alimento, debido a la reducción de grasa.

Las formulaciones de galleta desarrolladas se evaluaron en panel sensorial, los resultados presentados en la tabla 7 evidencian que hubo diferencia estadísticamente significativa entre

tratamientos para los cuatro atributos evaluados. En el caso del color, el tratamiento G1 tuvo la mayor aceptación; no hubo diferencia estadísticamente significativa entre G2 y G3, el tratamiento G4 presentó la menor aceptación. Este resultado puede atribuirse a la naturaleza de la harina, ya que, la harina de trigo es blanca, mientras la de Sacha inchi es de color beige y, en consecuencia, al incrementar porcentualmente el contenido de harina de Sacha inchi se obtiene un producto más oscuro objetable por los panelistas.

En el caso del olor, los tratamientos G1 y G2 no presentaron diferencia estadísticamente significativa, y presentaron la mayor aceptación por parte del panel, seguidos por el tratamiento G3 y G4 el cual tuvo la menor aceptación. Al igual que en el color, los resultados obtenidos para el olor también se relacionan con el incremento porcentual de harina de sachu inchi ya que, esta harina presenta un olor característico atribuido al contenido de ácidos grasos (Hurtado, 2013), el público general al no estar familiarizado con estos sabores, podrían percibirlo como un defecto del producto.

En cuanto a los atributos sabor y textura, se presentó el mismo comportamiento entre tratamientos que para el olor. Sin embargo, el tratamiento G4 se consideró rechazado por el panel al obtener una calificación por debajo de 3 en la escala de 5 puntos. En el caso del sabor, los ácidos grasos presentes en la harina de sachu inchi (Hurtado, 2013) generan un sabor que resultó poco agradable por los panelistas.

En el caso de la textura, considerando que la harina de trigo presenta menor tamaño de partícula (Icontec, 2013) que la harina de sachu inchi obtenida en esta investigación, se pudo identificar que el tamaño de partícula influyó en la aceptación de las formulaciones ya que los panelistas manifestaron que la suavidad del producto se reduce conforme se incrementa el porcentaje de harina de sachu inchi en la formulación, y por lo tanto la suavidad es un atributo de calidad para este tipo de productos, ya que, a mayor suavidad mayor aceptación.

Al realizar el análisis global de los datos, se identificó que G1 tuvo mayor aceptación en el panel para los cuatro atributos, seguido por G2 el cual no presentó diferencia estadísticamente significativa para olor, sabor y textura frente a G1 y fue el segundo en aceptación para color; por lo tanto, G1 y G2 fueron seleccionados para ser analizados fisicoquímicamente.

Al analizar los resultados fisicoquímicos de las formulaciones seleccionadas, G1 y G2, y teniendo en cuenta el volumen y la masa del producto, y que las galletas no son una comida principal, se definió que una porción de galletas estaría representada por 20 g del producto. Tomando esta masa como base de cálculo y siguiendo los lineamientos de la Resolución 333 de 2011 referentes al rotulado nutricional (Ministerio de la Protección Social, 2011), se definió que dicha porción aporta 110 Calorías, 6 % de proteína, 9 % de grasa, 3 % de carbohidratos del valor diario recomendado para cada uno de estos nutrientes.

En investigaciones similares donde se emplean harinas de alto contenido proteico para la elaboración de productos alimenticios, se encontró el trabajo de Zaragoza y colaboradores (2010) donde se hicieron dos productos de panificación, un panqué solo con harina de trigo y otro con una sustitución del 36 % de harina de cotiledones, de la semilla madura cruda y sin testa del árbol de ébano leguminosa conocida comúnmente como “maguacata”, en este el contenido de proteína fue 42 % más elevado en comparación del blanco muestral, aunque la sustitución de harina de Sachu inchi en la galleta fue del 50 % se obtuvo un aumento de proteína de más del 100 % en comparación del blanco, de lo anterior se infiere que la harina de Sachu inchi es una buena opción para aumentar el valor proteico en otros productos de panificación. Asimismo, se encontró la investigación de Amador (2009) en la cual se hizo una sustitución de 5 % de harina de soya y 5 % harina de amaranto en la elaboración de una tortilla de maíz donde se obtuvo un aumento de proteína del 2 % en comparación del blanco muestral, el aumento del nivel proteico no fue significativo debido a la

poca sustitución de la harina de interés, porque sustituciones mayores no tuvieron buena aceptación sensorial, lo que indica que en la galleta hay más aceptación por tener una inclusión máxima de 50 % de harina de Sacha inchi aunque son dos productos con formulaciones diferentes.

Finalmente, en el estudio de Gutiérrez et al. (2008) se elaboró un alimento para niños tipo atole con una mezcla de harina de maíz extruido y harina de garbanzo 21.2:78.8 % con 20.07 % de proteína, resultado muy similar al de la galleta de Sacha inchi con 19.13 % de proteína.

Conclusiones

La torta de sachá inchi es un producto proteico vegetal; ya que su contenido proteico es de 51.3 % BS y tanto el contenido de fibra como de cenizas son inferiores al 10 % BS. Gracias a su contenido nutricional, este subproducto puede ser aprovechado en la industria alimentaria, sin embargo, requiere ser sometida a tratamiento térmico con el fin de garantizar su calidad microbiológica y mejorar sus características organolépticas.

Se determinó que el punto isoeléctrico para la proteína presente en el sachá inchi es 5.0; valor en el que se presenta el mayor precipitado de la proteína.

El acondicionamiento de la materia prima permite reducir el contenido graso del producto alrededor de un 76 %, dando como resultado harinas con contenidos entre 3.9 y 4.5 % de este.

Se obtuvo harina de sachá inchi con tamaño de partícula menor a 1 mm, y un contenido proteico de 64.136 % que puede ser incorporada para enriquecer matrices alimentarias gracias a su calidad fisicoquímica, destacándose que es buena fuente de proteína.

Los atributos sensoriales de la harina de sachá inchi; color, olor, sabor y textura proporcionaron características no deseadas por los panelistas en la matriz alimentaria. La aceptación de los productos obtenidos mediante los cuatro tratamientos

disminuyó conforme se incrementaba el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de sachá inchi.

El producto obtenido mediante el tratamiento G2, no presentó diferencia estadísticamente significativa con el blanco muestral para los atributos de olor, sabor y textura, por lo tanto, se determinó que, para los porcentajes de sustitución evaluados, el máximo de harina de sachá inchi que se debe incluir es 50 %, además el producto obtenido mediante este tratamiento presenta 18.25 % de proteína mientras que la galleta obtenida mediante el tratamiento G1 es de 8.89 %; esto representa un incremento porcentual superior al doble.

La obtención de harina de sachá inchi empleando como materia prima la torta residual del proceso de obtención de aceite, es una alternativa viable para el aprovechamiento de dicho subproducto, obteniéndose una harina con buen valor nutricional que puede ser aprovechada en matrices alimentarias.

Recomendaciones

Se sugiere evaluar otros porcentajes de sustitución entre 50 y 100 % para la formulación de las galletas, acompañados de otros ingredientes como acentuadores de sabor y color, con el fin de atenuar las características organolépticas que no son deseadas por el consumidor y poder realizar la sustitución de harina de trigo por harina de sachá inchi en mayor porcentaje.

Se recomienda evaluar las propiedades técnico-funcionales de la harina de sachá inchi para ser incluida en otras matrices alimentarias como panes, sopas, malteadas, entre otros y aceptación sensorial, con el fin de aprovechar sus características nutricionales.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Sistema General de Regalías por la financiación, al grupo de investigaciones agroindustriales – Grain, al semillero de investigaciones agroindustriales y

al Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación –CIDI-, de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín por la financiación de este proyecto.

Referencias bibliográficas

- Amador Pérez, A. P. (2009). Desarrollo y evaluación de una tortilla de maíz con dos concentraciones de harina de soya (*Glycine max*) y harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Zamorano, Honduras: Universidad Zamorano.
- Arévalo, A. (1996). *Cultivo de sachu inchi*. San Martín. Obtenido de <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/3194/1/BVCI0001685.pdf>.
- Association of official analytical chemist. (2005). *Official Methods of Analysis of A.O.A.C.* (18 ed.). Washinton D.C., USA.
- Betancourth, L. (2013). *Aprovechamiento de la torta residual de sachu inchi (Plukenetia volubilis Linneo) mediante extracción por solventes de su aceite*. Manizales: Universidad de Manizales. Obtenido de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/970/2/Betancourth_L%C3%B3pez_Cristhian_Fernando_2013.pdf.
- Carpenter, R. P., Lyon, D. H y Hasdell, T. A. (2002). *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. Zaragoza: Acirbia, S.A.
- Cerón, A. F., Bucheli, M. A y Mora, O. (2014). *Elaboración de galletas a base de harina de papa de la variedad Parda Pastusa (Solanum tuberosum)*. Pasto: Universidad de Nariño.
- Céspedes, E. (2008). *El cultivo de sachu inchi (Plunkenita volubilis L.)*. San Martín, Perú.
- Codex Alimentarius. (2007). *Codex Stan 174-1989. Norma General para los Productos Proteínicos Vegetales (PPV)*. En: *Cereales, legumbres, leguminosas, productos derivados y proteínas vegetales*. Roma, Italia: FAO/OMS.
- Ferreira, J., Kuskosk, E., Bordignon Luiz, M., Barrera Arellano, D., & Fett, R. (2007). Propiedades emulsificantes y espumantes de las proteínas de harina de cacahuate (*Arachis hypogaea* Lineau). *Grasas y aceites*, 264-269. Obtenido de <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewFile/181/181>.
- Follegatti-Romero, Luis A., Piantino, Carla R., Grimaldi, Renato & Cabral, Fernando. A. (2009). Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sachu Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *Journal of Supercritical Fluids*, 49(3), 323-329. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844609001119>.
- Gallardo, M. (2008). *Soja: harinas de extracción para la alimentación del ganado*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/art_divulgacion/ad_0015.htm.
- Garzón, A. V. (2010). *La soya, principal fuente de proteína en la alimentación de especies menores*. Meta: Corpoica. Obtenido de <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion%20articulos/soya-principal-fuente-proteina-t3104/141-p0.htm>.
- Gonçalves, N., & et al. (1997). *Caracterización de aislados proteicos de colza*. *Grasas y Aceites*, 282-289.
- Guillén, M. D., Ruiz, A., Cabo, N., Chirinos, R., & Pascual, G. (2003). Characterization of Sachu Inchi (*Plunkenita volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and H NMR. Comparison with Linseed Oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 80(8), 755-762.

- Gutiérrez, L; Rosada, Lina M y Jiménez, Á.(2011). Composición química de las semillas de “ Sacha Inchi” (*Plukenetia volubilis* L) y características de su fracción lipídica. *Grasas y aceites*, 62(1), 76-83. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3404093>.
- Gutiérrez-Dorado, R., Cárdenas-Valenzuela , O., Alarcón-Valdéz , C., Garzón-Tiznado, J., Milan-Carrillo , J., Armienta-Aldana , E y Reyes-Moreno , C. (2008). Alimento infantil preparado con harinas de maíz de calidad proteínica y garbanzo extrudidos. *Interciencia*, 33(12), 1-7.
- Herrera Valencia; Hernández Londoño, C y Montealegre Ramírez, Y. (2010). Plantas oleaginosas del Caquetá, Amazonia Colombiana. *Ingenierías y Amazonia*, 28-39.
- Hincapié Llanos , G. A., Vásquez Osorio, D. C y Barajas Gamboa, J. A. (2013). Química agroindustrial. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Hurtado Ordoñez, Zully A. (2013). Análisis composicional de la torta y aceite de semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) cultivada en Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12689/1/7609501.2013.pdf>.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (21 de agosto de 1996). Norma Técnica Colombiana 3932. *Análisis sensorial. identificación y selección de descriptores para establecer un perfil sensorial por una aproximación multidimensional*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Icontec.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). Norma Técnica Colombiana 5328. *Análisis sensorial. Directrices para el uso de escalas de respuesta cuantitativas*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Icontec.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2013). *NTC 267. Harina de trigo*. Bogotá: Icontec.
- Jagersberger, J. (2013). *Development of novel products on basis of Sacha Inchi – Use of press cakes and hulls*. Berghofer: Universitat Wien.
- Macias, S., Binaghi, M. J., Zuleta, A., Ferrer, P. R., Costa, K., & Generosa, S. (2013). Desarrollo de galletas con sustitución parcial de harina de trigo con harina de algarroba (*Prosopis alba*) y avena para planes sociales. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4(2), 170-188.
- Maldonado, R., & Delahaye, E. P. (2012). *Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde*. Instituto de Química y Tecnología. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
- Martínez Rodríguez, R. (2008). *Fundamentos teóricos y prácticos de la histoquímica* (2008). Madrid: Editorial CSIC - CSIC.
- Minagricultura. (2012). *Boletín de comercio exterior agropecuario y agroindustrial 2012*. Recuperado de: <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/indicadores/economicos/BOLETIN%20DE%20COMERCIO%20ENERO-DICIEMBRE%202012.pdf>.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2008). *Importaciones colombianas*. Recuperado de: https://www.google.com.co/url?sa=t&ct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.mincit.gov.co%2Fdescargar.php%3Fid%3D57004&ei=3asEVaftMYi6ggSt8YCoCQ&usg=AFQjCNEutg26lBJtSlx7-Uy-Bo_eAAw&sig2=s7ubElgXikHHQALQZEE-5w.
- Ministerio de la Protección Social. (2011). *Resolución número 333 de 2011*. Bogotá: República de Colombia.

- Mondragón, S y Tarrillo, L. (2009). *Estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción del aceite de Plukenetia volubilis L. (Sacha inchi)*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/1502>.
- Olivas. (2017). Programa Para el Desarrollo de la Amazonia “Proamazonia” Cultivo de Sacha Inchi. Ministerio de Agricultura Perú.
- Pantoja, L y Maldonado, S. (2012). Caracterización de contenido de aceite de dos oleaginosas: sachá inchi y canola. Quito: Universidad San Francisco de Quito. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1899/1/104939.pdf>.
- Pascual, G. (2000). Extracción y caracterización de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). *Anales científicos UNALM*, 42, 146-160.
- Ruiz, Candy, Díaz, Camilo, Anaya, José y Rojas, Rosario. (2013). Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(1), 29-36.
- Sánchez Sánchez, G. L. (2012). *Caracterización y cuantificación de los ácidos grasos omega 3 y omega 6 presentes en el aceite de sachá inchi (Plukenetia volubilis L)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9141/1/3496371.2012.pdf>.
- Vélez P.S. (2013). *Exploración de la sachá inchi (Plukenetia volubilis) como Fuente de proteína para uso en nutrición animal en Colombia*. Medellín: Eafit.